

長期材齢コンクリートの調査研究

(16. 昭和10年代の学校建築・その1)

川 上 英 男*

Investigation of Old Building Concrete

(16. Two school gymnasiums, 42-45 years old)

Hideo KAWAKAMI*

(Received Feb.6. 1988)

Investigations were carried out on the deterioration of two reinforced concrete gymnasiums built in 1930 and 1935. They were located in Hokuriku district of central Japan.

The investigation revealed crack distribution, degree of carbonation of concrete and corrosion of reinforcing bars. They are important factors for estimating the durability of the structures. Chloride concentration was also evaluated in the concrete cores obtained from the wall of the building located at 250 meters from sea side. The chloride was thought to accelerate the deterioration of the reinforced concrete through the corrosion of the reinforcing bars.

The present investigation became the start of the research regarding the chloride attack to the reinforced concrete building located near the seaside.

The durability of reinforced concrete is still to be clarified based on the compiled investigation of existing buildings.

* 建設工学科

1. ま え が き

鉄筋コンクリート建物の耐久性は、コンクリートの材質、仕上げ材の多様性に加えて、気候など地域的環境条件が影響するので、その寿命予測は容易ではない。ここに実験室での研究とは別に、実構造物の実態調査が重要視される所以がある。しかし、その詳細な資料、特に長年月を経て耐用限度に近づいた建物の損傷発生やその状況に関する情報は少ない。本報告は昭和10年代に建てられた屋内運動場2棟の調査結果をまとめたものである。このうち1棟は日本海より250mに位置し、塩害も加わっているのが注目される。

2. 美川小学校体育館（材齢45年）

2.1 建物概要

2.1.1 規模及び仕上げ

体育館の平面は、東西(張間方向)23.0m、南北(桁行)36.0mで、軒高は6.5mである。配置図を図2.1に、平面図と矩計図を図2.2に、屋内展開図を図2.3に示す。敷地は北西部が低くなっており、この部分に半地下の倉庫を設けてある。外観を写真2.1、2.2に示す。

屋根は鉄骨トラスの上に日本瓦葺き、柱と桁は洗い出し仕上げ、壁はモルタル塗り吹付け仕上げである。内壁はモルタル塗りペンキ仕上げである。なお屋内側には東西面の柱に鉄骨の添柱が設けられており、その脚部はコンクリートで根巻きしてある。建具はアルミ製である(写真2.3)。

2.1.2 構造方式

周囲の鉄筋コンクリート造柱の上に東西方向に3.6m間隔で鉄骨トラスを乗せてあり、地震時等の水平力は主として周囲の鉄筋コンクリートのラーメン構造及び壁体が負担する構造となっている。

2.1.3 経 歴

体育館は昭和10年に竣工、奨健館とも称される。当時コンクリートには手取川河口付近の浜砂・浜砂利を用いた模様である。主な補修・改装は次の通りである¹⁾。

昭和37年頃 外壁の吹付け仕上げ

昭和43年 西側のサッシの取り替え

昭和47年 7月28日～同年10月20日

鉄骨添柱の設置、床張替、サッシ取替、ステージ廻り改造及び物置改修。

2.2 建物の損傷

2.2.1 外 部

a. 柱： 最も顕著な損傷は南面と東面の全部の柱に生じている縦ひびわれである。これらは柱の見付け面及び側面に生じていて、中にはかぶりコンクリートが剥落寸前のものも見られる。各柱のひびわれ部には、恐らく昭和47年改修時とみられるセメントペースト補修の跡がある。しかし、その補修部にさらにひびわれが発生していて、調査時まで劣化が進行していたことを物語っている。

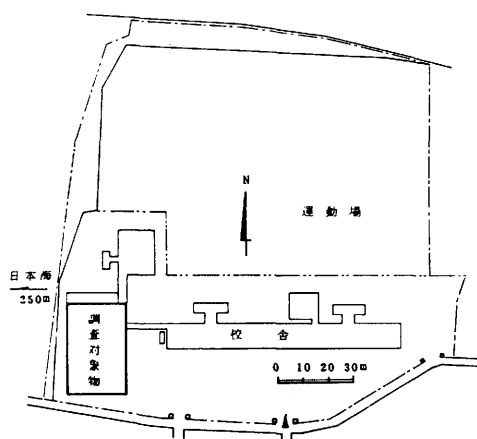


図2.1 校舎配置図



写真 2.1 体育館(南東部)



写真 2.2 体育館(北西面)



写真 2.3 内 部(東南部)



写真 2.4 建物東面の各柱に見られるひびわれ補修あと

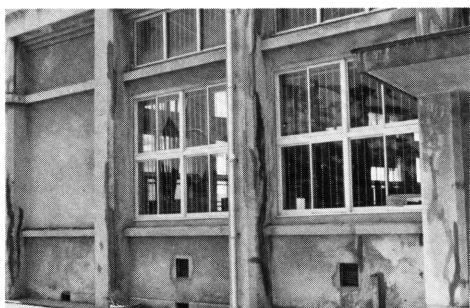


写真 2.5 建物東面の柱(H11~H8)と壁の損傷



写真 2.6 東北隅柱(H・1)のひびわれ



写真 2.7 南妻面西部柱(11・B)上部西側



写真 2.8 南妻面柱(11・D)上部

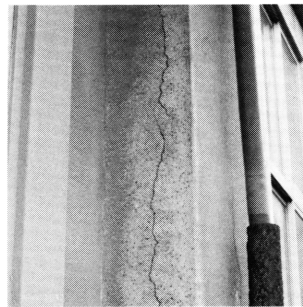


写真 2.9 南妻面柱(11・E)西側



写真 2 .10 南妻面柱(11・G)

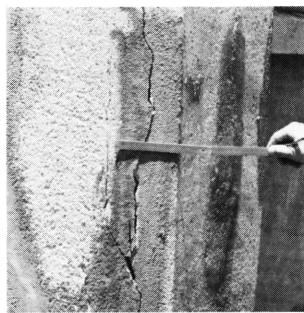


写真 2 .11 南東隅柱(11・H)



写真 2 .12 南妻面柱(11・D)
のひびわれ



写真 2 .13 柱(11・D)

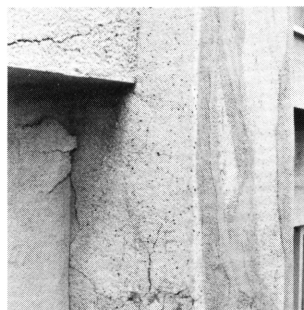


写真 2 .14 南妻面柱(11・E)

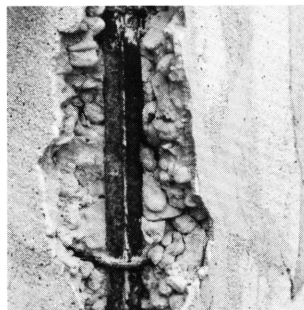


写真 2 .15 南妻面柱(11・E)



写真 2 .16 西面北部柱
(A・1, A・2)

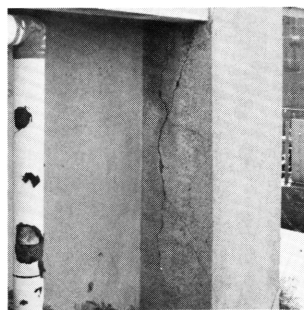


写真 2 .17 西南隅柱(A・11)
脚 部

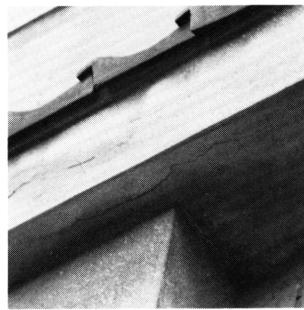


写真 2 .18 南妻面 E-F 間の
桁



写真 2 .19 南妻面柱(11・E)と D-E 間横つ
なぎ材

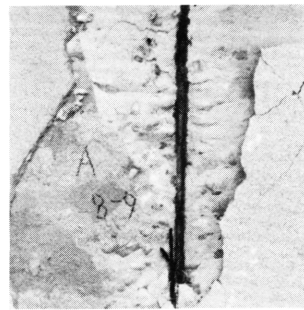


写真 2 .20 西面腰壁
(A・8-9)

また、ひびわれはこれら補修部に止まらず、補修部からさらにその周辺に進展したものや、補修部の近辺に新しく発生しているものも認められる(写真2.4, 2.5)。東北隅柱(写真2.6)ではひびわれ幅は10mmにも及び隅のかぶりコンクリートは剝落寸前である。

南妻面も損傷は東面と同様である。洗い出し仕上げに分布する不規則の微細ひびわれは仕上げ部だけに止まるものと見られる。柱11・Bではひびわれ幅は8mmに及び、柱頭(写真2.7)ではジャンカ部分の鉄筋が腐食膨脹して、かぶりコンクリートを剝落せしめ、その上下に鉄筋に沿った縦ひびわれが発生している。柱11・Cでは西側に縦ひびわれ(幅6mm)があり、かぶりコンクリートは南側にはらみ出している。南妻面中央入口両側の柱では庇より上に補修跡があるが、左の柱、11・D(写真2.8)ではひびわれは約10mmに拡幅、かぶりコンクリートがはらみ出している。柱11・E(写真2.9)では西側に主筋に沿った幅2mmのひびわれが新しく生じており、補修時にはその必要がなかったような部分でも劣化が進んでいることを示している。同じ現象がこの柱の南側と東側でも進行している。写真2.10は柱11・Gで、西側の補修部からひびわれがさらに下方まで進展している。軒下面のかぶりコンクリートも剝落し露出した鉄筋は腐食している。この柱と同様の例は隅柱11・H(写真2.11)の腰にも見られ、ひびわれ幅は5mm、かぶりコンクリートも剝落寸前である。

柱11・Dの頭部を研ってみると、かぶりコンクリートは容易に剝離し、コンクリートは脆弱である。主筋22φ4本はいずれも表面1～2mm厚は木炭状に腐食している。帯筋(31cm間隔)9φは腐蝕のため断面健全部が全く消滅している部分も見られる(写真2.12, 2.13)。柱11・Eは柱11・Dよりひびわれ幅は小さいが(写真2.14)、研ってみると鉄筋の表面約1mm厚は、同様に腐食している(写真2.15)。これらの研り調査とひびわれ状況から類推すると、東面と南妻面の柱は全部がこのような状態にあるものと思われる。

西面では縦方面のひびわれは柱A・1～A・4の南側及び柱A・11の北側に生じているが(写真2.16, 2.17)、それらのひびわれ幅は南面・東面に比べて小さい。一方、上下方向の微細ひびわれがA・5, A・8を除く全部の柱の西見付面に分布しているのが特徴である。中には仕上げ材やかぶりコンクリートの肌離れやはらみ出しの部分も認められる。柱A・7の微細ひびわれ部を研ってみると、かぶりコンクリートは肌離れしており、主筋の表面約2mm厚は腐食してポロポロになっている。すなわち西面ではひびわれの幅は小さくても鉄筋腐食の状態は東面・南面と同様に著しいものと想定せざるを得ない。体育館は日本海より250mに位置し、冬期には西からの強風を受ける。後述のように海塩粒子の付着から塩分が浸透し鉄筋腐食を促進せしめたことも考えられる。

b. 横架材、軒及び庇： 軒桁や柱つなぎ横架材の側面や下面にも鉄筋に沿ったひびわれが随所に発生し、鉄筋の腐食を示唆している(写真2.18)。この種のひびわれで最も著しいのは、南妻面庇直上の横架材に生じたもので、幅は3～4mmである(写真2.19)。同様のひびわれは南北両妻の屋根ケラバ下側にも発生している。

C. 外壁： 仕上げモルタルまたはコンクリートの部分的な肌離れ、剝落が南面と西面に多い。いずれもかぶりコンクリートが薄い箇所で、鉄筋の腐食膨脹が原因である。例えば西面腰壁では(写真2.20)はらみ出し部を研ってみると9φ鉄筋は腐食のため健全部は5mmφに細っている。又南妻面の例ではモルタルが剝落し、9φ鉄筋は上記同様に腐食している。

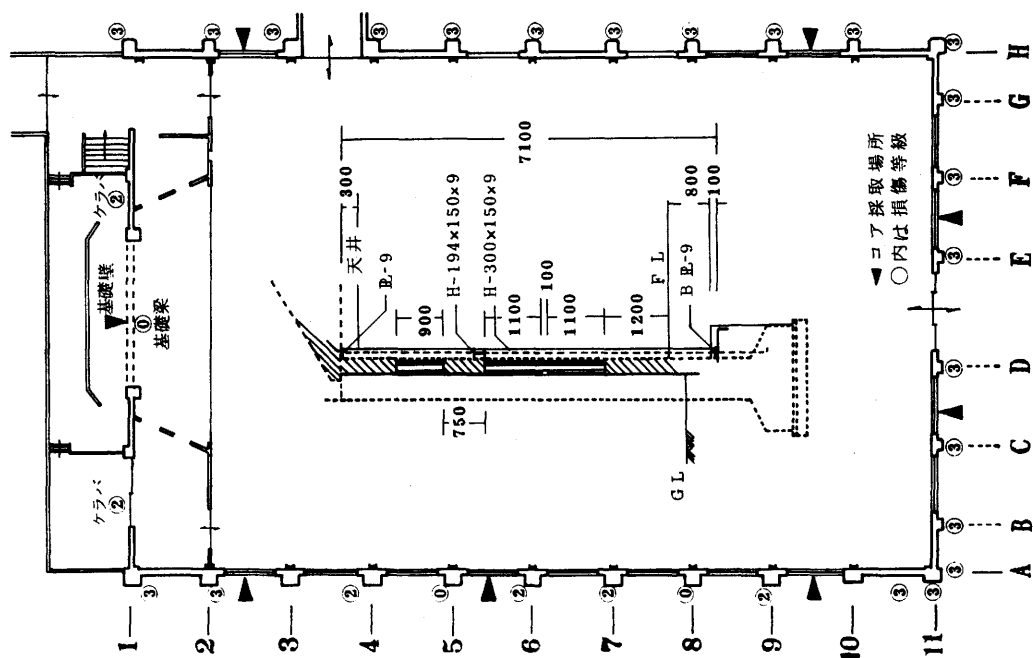


図 2.2 平面図，断面図，損傷等級

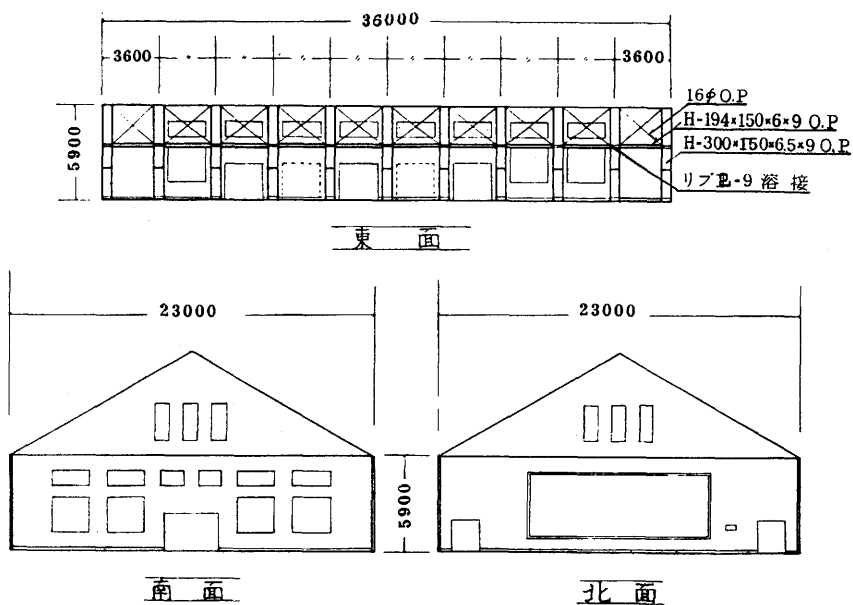


図 2.3 室内展開図

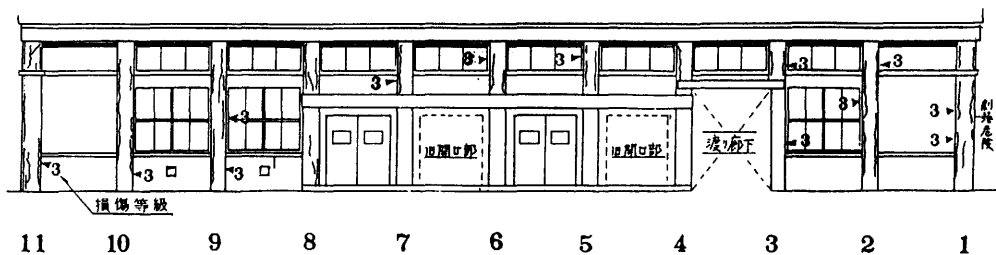


図 2.4 東面の損傷分布

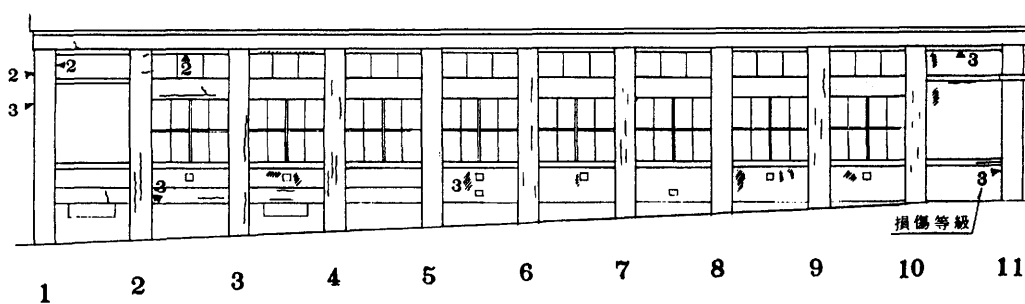


図 2.5 西面の損傷

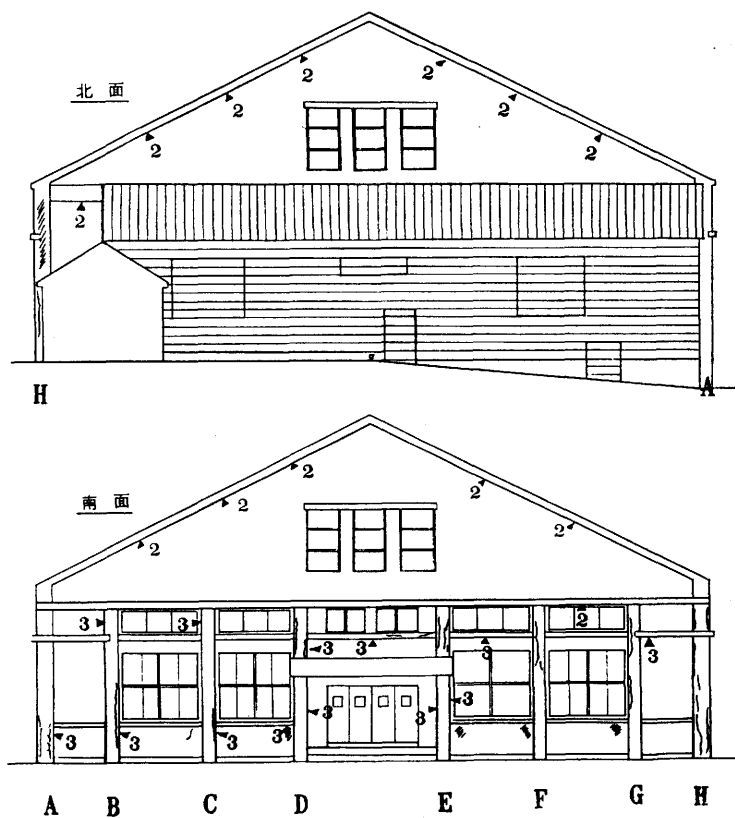


図 2.6 妻面の損傷等級分布

d. 損傷等級

外部損傷の分布を次のような区分で図2.2, 2.4～2.6に記入した。

損傷等級 0. 損傷なし

1. 仕上げ材に損傷のあるもの
2. 躯体コンクリートにひびわれのあるもの
3. ひびわれが著しく、鉄筋が腐食しているもの

主要構造材である柱に3級の損傷が多く、鉄筋コンクリートとしての力学的作用を期待できない程劣化が進行していて、建物の構造耐力に大きな不安がある。

2.2.2 内 部

内部は改修時に仕上げが施されており、損傷は見当らない。鉄骨添柱の下部には根巻きが施されており、本体の鉄筋コンクリート柱を内側からは調査できない。

2.3 コンクリートの中性化と鉄筋の腐食

コア8本と研り9ヶ所に対し、前述2.3と同様に調査を行なった結果を表2.1に示す。

壁体の外部仕上げモルタルの厚さは2～8mmで、躯体コンクリートの外側からの中性化深さは4～8.5cm、平均7.9cmである。コア8本のうち3本では壁厚全部が中性化している。残り5本のコアでは壁厚中央付近の厚さ0.7～9.5cmにアルカリ反応が認められ、中性化深さは建物の内側からと外側からではほぼ同程度であることが示された。

柱A・9, A・6と基礎梁H・9～8では洗出し仕上げ、モルタル共中性化は生じていない。一方、柱の損傷箇所5ヶ所では、洗出し、モルタルのみならず、コンクリートも中性化しており、その深さはいずれも約7cmの研り深さの全域に及んでいる。目下使用中の建物であるので、鉄筋付近まで研るにとどめたため、それより深部はどこまで中性化しているかは確認できない。1例では柱表面から10cmに至ってもアルカリ反応が見られないのもあり、柱が洗出し仕上げとなっても、その材質のバラツキのため中性化防止効果を全面的に期待できないことを示している。

表2.1 中性化深さ

		仕 上 げ		軀 体 コ ン ク リ ー ト			備 考
		洗い出し厚 (mm) *	モルタル厚 (mm) *	外部中性化深さ (mm)	赤変部厚 (mm)	内部中性化深さ (mm)	
壁	H・2-3	—	2	80	0	80	鉄筋表面錆 鉄筋0.5mm厚錆 鉄筋ほぼ健全
	H・9-10	—	4	85	0	85	
	I・C-D	—	5	83	0	83	
	I・F-G	—	5	80	15	70	
	A・9-10	—	8	67	35	78	鉄筋表面錆
	A・5-6	—	3	82	7	88	
	A・2-3	—	6	50	80	—	
	I・D-E	—	—	40	95	45	
柱	I・D	6	3	70<			
柱	I・D	10	3	90<			
柱	I・E	8	8	114<			
柱角	A・9	7	5 + 10	0			
壁	A・8-9	—	8	22<			
柱	A・7	7	8	50<			
柱角	A・6	10	7	赤変			
基礎梁	H・9-8	赤変	—	—			
柱	H・8	4	0	70<			

* 赤変反応のみられない厚さである。

赤変とあるもの以外は仕上げ厚全部にわたって中性化している。

中性化深さ(xcm)と経過年数(t)について在来(1)式が提案されている。

$$t = 7.2x^2 \quad (1)$$

$t = 45$ 年として(1)式による中性化深さの算定値は2.5cmとなるが実測値平均は壁体部で7.9cmと3倍以上を示している。

以上の調査結果から、中性化深さは鉄筋より深部に達し、すでに鉄筋に対するコンクリートの防錆効果は失われていることが明らかとなった。

2.4 コンクリートコアの諸試験

壁体より8ヶ所(図2.2参照)、9本のコア(直径10cm)を採取し、諸試験を行なった。

2.4.1 圧縮試験

早強セメントモルタルで長さ不足部を打増し、1週間水中養成後、室内に1週間保存し気乾状態で圧縮試験に供した。重荷1ton毎に差動トランス付きコンプレッソメーターで歪を計測した。試験結果を表2.2及び図2.7に示す。圧縮強度は56~158kg/cm²平均97kg/cm²、標準偏差33.5kg/cm²であり、構造耐力検討用の設計基準強度としては64kg/cm²を見込めることになる。この値は現在普通に用いられている建築構造用コンクリートの約1/3程度に該当する。

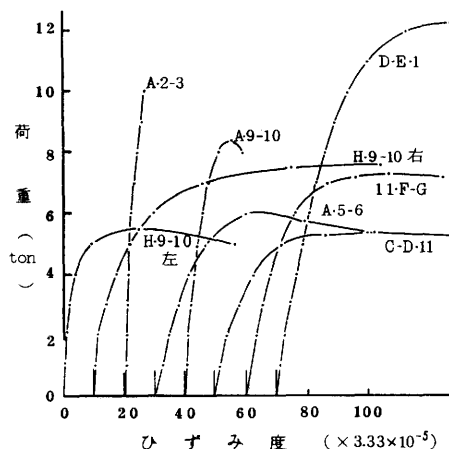


図2.7 妻面の損傷等級分布

表2.2 圧縮試験結果

採取位置	直径 cm	高さ cm	断面積 cm ²	圧縮強度 kg/cm ²	
A 2-3	9.95	13.8	77.7	138	内側モルタル0.94cm厚
A 5-6	9.95	17.7	77.7	78	
A 9-10	9.93	19.1	77.4	109	内側モルタル1.14 cm厚 鉄筋 9φ貫通
D-E 1	9.96	17.6	77.9	158	
C-D 11	9.93	18.7	77.4	70	
F-G 11	9.94	19.9	77.6	94	
H 2-3	9.92	12.1	77.2	56	鉄筋 9φ貫通
H 9-10右	9.91	11.7	77.1	99	
H 9-10左	9.86	17.2	76.3	72	
圧縮強度平均 97.1 kg/cm ² 母標準偏差 33.46 kg/cm ²					

2.4.2 比重及び吸水率

コア4本のキャッピングを斫り取ったコンクリート部を対象にJIS A1110(粗骨材の比重及び吸水率試験方法)に準じて試験した結果、表乾比重2.32~2.40平均2.36、絶乾比重2.19~2.29平均2.23、吸水率6.18~4.83%平均5.81%が得られた。

2.4.3 調合分析

6本のコアをそれぞれハンマーで丹念に破碎し、粗骨材とモルタルに分離する。このモルタル部を電気マッフル炉で700℃に2時間以上灼熱後、徐冷し希塩酸で処理し、溶出分をセメントとみな

す方法で調合分析を行なった。6 資料のコンクリート絶乾重量調合比は、セメント：砂：砂利＝1：(3.1～4.3)：(5.2～12.8)で平均は1：3.66：7.82である。比較的砂・砂利の多い調合となっているのが特徴である。なお、砂利は比較的大粒のものが多く、最大寸法は40mm程度である。

2.4.4 塩分分析

コアを3～4 cm厚に輪切りにしたものの15試料について次の方法で塩分分析を行なった。すなわち資料を金槌で丹念に破碎し、粗骨材とモルタル部に分離した後、モルタルを粉碎機にかけて0.15mm以下に微粉碎する。これを80℃水中に約1時間保った後の上澄水に対し、JASS 5T 202に準じて滴定により塩分を検出した。結果を表2・3に示す。

海風がよく吹きつける西側(A)と南側(1)において塩分含有率が大きく、しかも壁体の外側の方が内側より大きい傾向が示されている。又、海風の当たらないステージ部基礎壁(1・D・E)では塩分が全く検出されない。これらの結果は塩分が建設当初から入っていたものでなく、建設後に海浜環境から浸透蓄積したものであることを裏づけている。対モルタル塩分量の最大値は0.6%にも及んでおり、JASS 5の規定値(対砂塩分量0.04%)を大きく上廻るものであって、これが鉄筋腐食を促進せしめたものと考えられる。

表2・3 塩分分析結果

試料名	対モルタル 塩分量%	試料名	対モルタル 塩分量%	試料名	対モルタル 塩分量%
H9・10外側	0.0613	A9・10 中	0.0518	11F・G外側	0.4091
〃 中央残	0.0518	〃 内側	0	1 D・E外側	0
〃 内側	0.0532	11C・D 外側	0.1202	H8 表面付近	0.0022
A2・3 外側	0.2128	〃 外となり	0.1625	11D 鉄筋付近	0.6125
A9・10外側	0.1599	〃 内側	0.0309	11E 鉄筋まで	0.2261

2.4.5 構造耐力の検討

本体育館ではトラスを受ける柱には鉄骨添柱があり、鉛直荷重に対しては問題はないと見なされるので、地震時の水平力に対して検討した。詳細な算定の記述を省略し結論だけを述べる。

通常、要求される最低の水平震度0.2に対し、前述のコンクリート強度試験結果にもとづく所要壁長は壁厚17cmとして17.1mとなる。これに対し耐震効果を期待できる壁長は南北方向12m、東西方向15mといずれも不足している。その上壁筋比は0.125%と現行設計規準要求値の1/2と少ない上に鉄筋の腐食が見られるので靱性を期し難い。すなわち震度0.2の水平力に対して、安全性を確保できない。

2.5 むすび

以上の検討結果を要約すれば次のようである。

1. 老朽化のため柱の外側は主筋の腐食が著しく、ひびわれやかぶりコンクリートの剝離が生じている上、帯筋の腐食もあり、構造部材としての性能を欠くに至っている。また桁や壁体にもこの種の劣化が現われてきている。
2. これら劣化の主因としてのコンクリートの中性化は柱筋や壁筋より深部に達しており、海塩の浸透蓄積も認められるので、劣化は今後も時日の経過と共にさらに進行する状況にある。
3. コンクリート強度試験結果にもとづく構造耐力の検討によると、地震時の震度0.2の水平力に対する耐力を確保していないことが判明した。

3. 小將町中学校屋内運動場（材齢42年）

3.1 建物概要

3.1.1 規模及び仕上げ

建物の平面は張間18.18m、桁行28.28mの長方形で、この鉄筋コンクリート造の北西側に最大奥行4.82mの木造のステージ及び器具室が付設している。軒高は7.8mである。配置図を図3.1に、平面図と断面図を図3.2に示す。また建物外観を写真3.1、3.2に示す。

屋根は鉄骨山形トラスの上に鉄筋コンクリートスラブを設けている。木造部分の屋根は日本瓦と鉄板を葺き分けている（写真3.1参照）。桁、柱、壁、基礎は鉄筋コンクリート造である。外壁はモルタル塗り、吹付けリシン仕上げ、内装はシックイ仕上げである。窓建具はアルミ性、床は縁甲板張りとなっている。

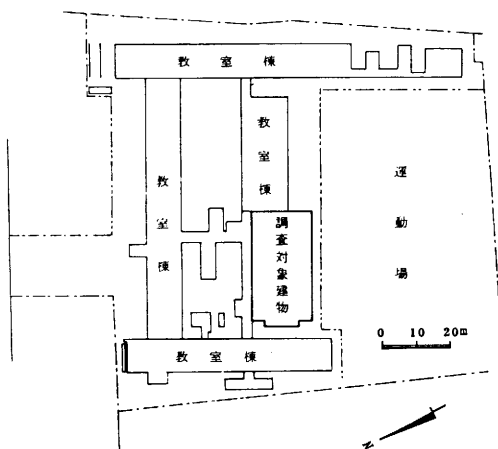


図3.1 配置図

3.1.2 経歴

この建物は昭和13年に新築された。昭和23年周辺の木造校舎が全焼したので、校舎との接続部及び廊下側は可成りの火害を蒙った模様である。昭和51年に床を張り替え、昭和54年には窓枠をアルミサッシュに取替えると共に外壁のモルタル塗り仕上げを行っている。

3.1.3 構造方式

周囲の鉄筋コンクリート造柱の頂部に、南北の張間方向に鉄骨の山形トラスを架けてある。トラス間隔は3.2mである。柱には鉄骨が入ってある模様である。（後述参照）。地震時等の水平力に対しては、張間方向には各トラス構面と両妻の壁が、また桁行方向に対しては周辺の鉄筋コンクリートラーメンと壁体がこれに耐える方式となっている。

3.2 損傷状況

3.2.1 内部

鉄骨トラスには部材の弯曲など構造耐力に影響するような変形は見当らない（写真3.3、3.4）しかし写真3.5に例示するように、トラスには塗装が剥げ落ち鉄骨が錆びているのが散見される。

天井（屋根スラブ下面）には微細なひびわれが全面にわたって分布しており、中には雨漏りによる青カビが発生しているところもある。またかぶりコンクリートが剥落し鉄筋が露出腐蝕している箇所も認められる。調査当日にも雨漏りが発生していた。

内壁や廊下側（本建物にとっては外側に当たる）には写真3.6のように顕著な損傷は認められない。しかし戸棚内側から躯体コンクリートをのぞくと火害のため黒くすすけている部分やコンクリート充てん不良部が認められる（写真3.7）。

床の縁甲板には老朽のため角欠け等が随所に散見され、張替えの時期にきている（写真3.8）。

3.2.2 外部

窓枠及び外壁は昭和54年に改修されているので顕著な損傷は少ない。出入口庇の鼻に見られる横



写真 3. 1 小將町中学校南西(運動場側)面
(左手にステージ)



写真 3. 2 南 側



写真 3. 3 内部西ステージ側



写真 3. 4 北 側

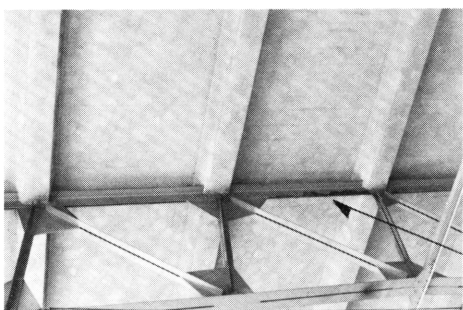


写真 3. 5 トラスの錆(3-B)

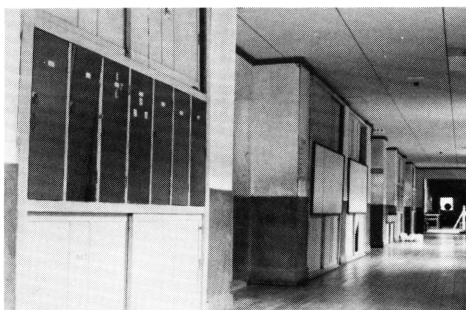


写真 3. 6 体育館東北側(廊下側)



写真 3. 7 壁体コンクリートの
火害と充てん不良

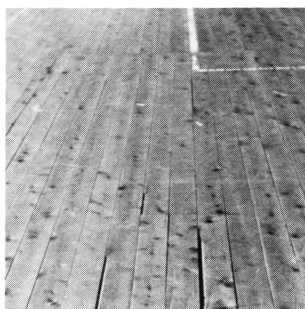


写真 3. 8 床板の(老朽)角欠
け左手には雨漏れ
滴下跡



写真 3. 9 運動場への出入口
庇西端

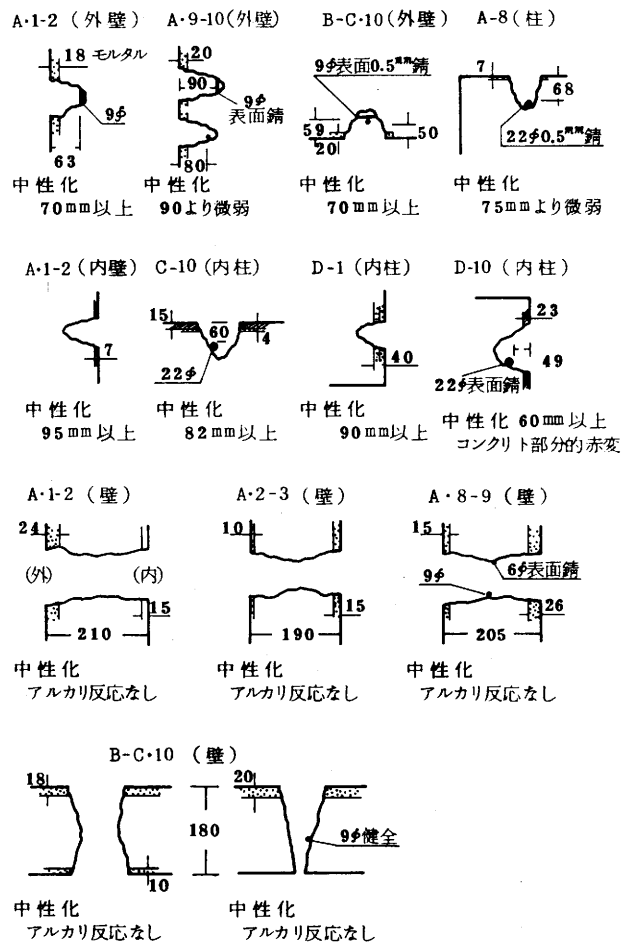


図3.3 中性化試験結果

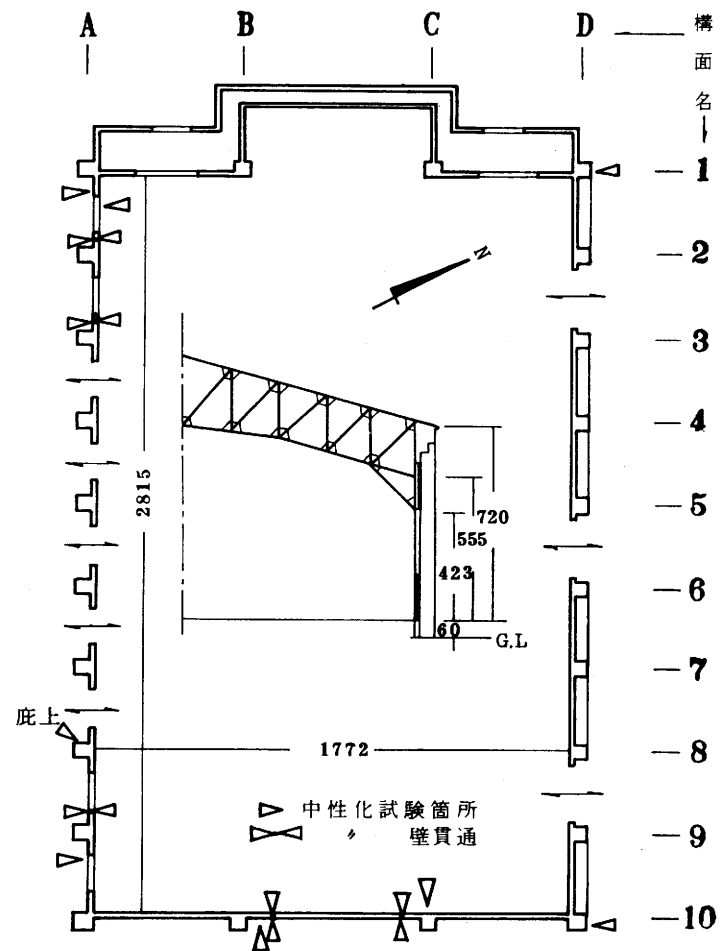


図3.2 平面図及び断面図(単位cm)

ひびわれ(写真3.9)と底上面のひびわれは仕上げモルタルに止まるものと見られるが、底下面の汚れは内部鉄筋の錆を示唆している。ハンマー打診の結果、庇より上部の柱では仕上げモルタルの肌離れ部分が数ヶ所あることが判明した。

3.3 コンクリートの中性化と鉄筋の腐食

鉄筋コンクリートの一部に孔を斫り、フェノールフタレン1%アルコール溶液を散布してコンクリートの中性化深さを調査し、併せて鉄筋の腐食状況を観察した。

コンクリートを斫ってみると脆弱である。建物の外部4ヶ所、内部4ヶ所の調査では、斫り部分の範囲ではすべてアルカリ反応が認められなかった。図3.3にはこれを例えば90mm“以上”と示しておく。さらに壁体を貫通する孔でも5例共すべて全厚(18~21cm)にわたってアルカリ反応は認められなかった。

鉄筋探知器による鉄筋位置推定(仕上げ表面からの深さ)を表3.1に示す。壁筋9φ及び柱筋22φは表面に錆が生じていたり、あるいは0.5mm厚が腐食しているものも認められた。

柱の主筋は片側2本と探知できたが、この程度の鉄筋量では山形トラス端の曲げモーメントに対して過少と考えられる。したがって柱内には恐らく鉄骨が入っているものと想定される。コンクリートが脆弱なので鉄骨部まで斫るのを差控えた。上記中性化調査からみると中性化は鉄骨周辺に及んで、錆が発生している懸念もある。

3.4 むすび

以上の調査結果を要約すれば次のようである。

鉄骨トラスはほぼ健全と認められ、また外壁は、改修されていて顕著な損傷はほとんど認められない。しかしながら床は張り替えの時期に達し、軒より下部の鉄筋コンクリート構造部ではコンクリートが脆弱な上に、コンクリートの中性化は壁筋や柱主筋を超えて深部まで達し、壁体では全断面が中性化している。そして鉄筋には錆が認められ、甚だしい場合は表面0.5mm厚が腐食している。また屋根スラブでは漏水やコンクリートの剝落、鉄筋の腐食が発生している。すなわち、この建物は耐用限度に達したものと見なされる。

4. ま と め

2棟共、窓建具の取り替えに伴って大幅な補修改修工事が施されているものの、劣化が進行してすでに耐用限度に達していると思われるに至った。その現状は次の通りである。

1. 屋根トラスはほぼ健全であるが、部分的に錆の発生が認められる。
2. 鉄筋コンクリート屋根スラブでは、コンクリートの剝落、鉄筋の露出腐食、雨漏りが生じている。

表3.1 仕上げ表面から鉄筋表面までの距離

場所	横 筋			縦 筋		
	探知器の読み	深さ (cm)	平均 (cm)	探知器の読み	深さ (cm)	平均 (cm)
A-1-2 (外壁)	10	3.1	3.7	14	2.6	2.5
	6	3.7		14	2.6	
	4	4.25		18	2.4	
				18	2.4	
A-9-10 (外壁)	3	4.6	4.5	6.2	3.6	4.3
	3.4	4.4		3.5	4.4	
				2	5.0	
B-C-10 (外壁)	16	2.5	2.8	7.5	3.4	3.7
	13.5	2.7		8	3.35	
	22.5	2.0		4	4.25	
	5.5	3.8				
A-8 (柱)	5	3.95	3.7	6	3.7	3.8
	6	3.7				
	8	3.35		5.5	3.8	
	6	3.7				
A-8 (柱)	4.5	4.1	3.6	6.5	3.6	3.9
	16	2.5				
	5	3.95		4.5	4.1	
	5	3.95				
A-2-3 (外壁)	4.8	4.0	4.0	5.5	3.8	3.6
	5	3.95		7.5	3.4	
B-C-10 (内壁)				2.5	4.8	3.85
				8	3.35	
				8	3.35	

3. 鉄筋コンクリート柱及び壁体ではコンクリートの中性化深さは通常の想定値の3倍以上で鉄筋より深部にまで達し、鉄筋には腐食が見られる。この現象は、コンクリートのひびわれや剝落、鉄筋の露出を招いており、劣化は建物の外側に現われている。
4. コンクリートは比較的骨材の多い調合で、圧縮強度も低い。
5. 1棟は海浜環境にあって、コンクリートには外部から塩分が浸透蓄積したことが明らかとなり、鉄筋コンクリート建物の劣化に塩害要因を加える必要があることが示された。なお、海岸より250m離れた建物のコンクリート中に蓄積した塩分が定量的に解明されたことは、海浜環境にある建物の塩害対策の重要性を示唆し、この種問題の研究の端緒となった。例えば2)~4)

謝 辞

調査と資料の整理には本学文部技官脇敬一氏の御協力を得ました。ここに謝意を表します。また、金沢市及び美川町の教育委員会並びに学校当局の御支援に感謝申し上げます。

参 考 資 料

- 1) 美川町教育委員会学校教育課長市川治男氏の資料
- 2) H. Kawakami "Salt Attack on Reinforced Concrete Building" Transaction of JCI, Vol.3, 1981, pp.133~140.
- 3) H. Kawakami "Does Pine Tree Bark Indicate the Danger of Chloride Concentration of Concrete in Sea Side Area?" Transactions of JCI, Vol.6, 1984, pp.141~146.
- 4) H. Kawakami "A Study of Chloride Concentration in a Reinforced Concrete Building with Diffusion Theory" Transactions of JCI, Vol.7, 1985, pp.149~156.

